

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-077086

(43)Date of publication of application : 23.03.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

H01L 21/3213

H01L 21/768

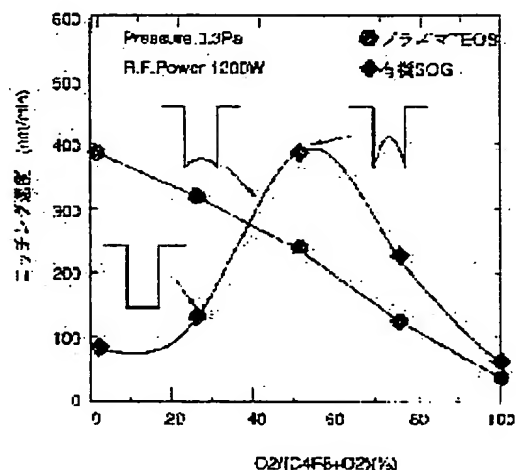
(21)Application number : 11-245656 (71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 31.08.1999 (72)Inventor : Ikegami Naokatsu

(54) DRY ETCHING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a dry etching condition under which a viahole dry etching process is carried out using an organic SOG(Spin-On-Glass) film which serves as a low-dielectric constant interlayer insulating film, where the organic SOG film is enhanced in etching rate, and a viahole gets stable in shape. SOLUTION: A mixed gas which contains, at least, C₄F₈ and O₂ is used as etching gas when a viahole dry etching is carried out, a mixing ratio O₂/(C₄F₈+O₂) is set at 50% or below, and then a viahole dry etching is carried out. As a result, an organic SOG film gets higher in etching rate, and a viahole gets stable in shape.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-77086
(P2001-77086A)

(43)公開日 平成13年3月23日(2001.3.23)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	J 5 F 0 0 4
21/3213			F 5 F 0 3 3
21/768		21/88	D
		21/90	S

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平11-245656

(22)出願日 平成11年8月31日(1999.8.31)

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 池上 尚克

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(74)代理人 100089093

弁理士 大西 健治

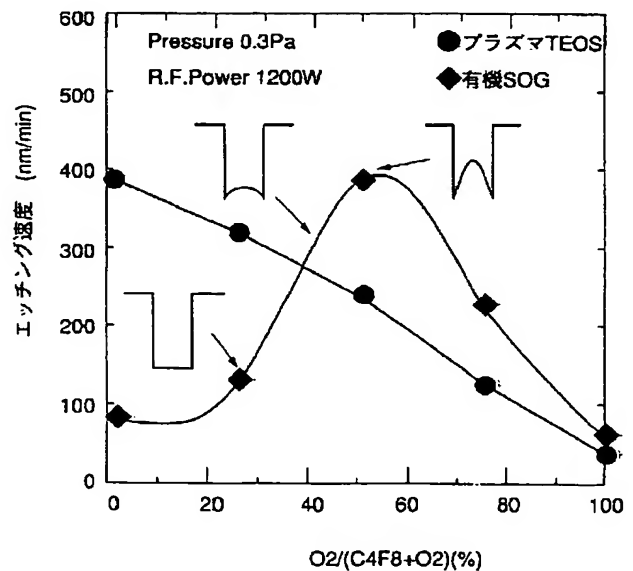
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体装置のドライエッチング方法

(57)【要約】

【目的】 低誘電率層間絶縁膜である有機SOG膜を用いるビアホールドライエッチングエッチングにおいて、有機SOG膜のエッチング速度を向上させ、かつ、ビアホールの形状が安定するようなドライエッチング条件を提供する。

【構成】 低誘電率層間絶縁膜として有機SOG膜が用いられたビアホールドライエッチングエッチングガスとしてC₄F₈及びO₂とを少なくとも含む混合ガスを用い、O₂/(C₄F₈+O₂)の混合比を50%以下にすることによってビアホールドライエッチングをおこなう。その結果、有機SOG膜のエッチング速度が大きくなり、しかも、ビアホールの形状も安定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 有機SOG膜から成る絶縁膜に、C4F8及びO2とを少なくとも含む混合ガスによりコンタクトホールを形成する半導体装置のドライエッチング方法において、

O2の流量はC4F8+O2の流量の50%以下であることを特徴とする半導体装置のドライエッチング方法。

【請求項2】 有機SOG膜から成る絶縁膜に、CF4、CHF3及びN2とを少なくとも含む混合ガスによりコンタクトホールを形成する半導体装置のドライエッチング方法において、

N2の流量はCF4+CHF3+N2の流量の10%以上かつ80%以下であることを特徴とする半導体装置のドライエッチング方法。

【請求項3】 有機SOG膜から成る絶縁膜に、コンタクトホールを形成する半導体装置のドライエッチング方法において、

コンタクトホール形成時のレジストパターンを除去するアッシングは、O2+N2H2あるいはO2+N2+H2であることを特徴とする半導体装置のドライエッチング方法。

【請求項4】 前記有機SOG膜は酸化膜シリコンにアルキル基を添加されていることを特徴とする請求項1乃至3項記載の半導体装置のドライエッチング方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体集積回路素子の製造において用いられる低誘電率の層間絶縁膜のエッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年のシステムLSIやロジックLSIを中心とした半導体デバイスの高集積化に伴ない、金属配線の幅や配線間隔が非常に狭まってきており、配線自身も非常に長くなってきている。その結果、配線抵抗や配線間容量が増大し、これによる配線遅延や消費電力の増大が無視できなくなっている。このような高集積化に伴うデバイス性能への影響を低減する手法として、従来から用いられたきたアルミニウム（Al）系配線材料に代わり、銅（Cu）などの低抵抗材料を導入したり、配線間の絶縁膜を低誘電率化する方法が提案され、実用化に向けた研究が進められている。

【0003】 特にデバイスの動作速度（動作周波数）を決定するクリティカルパスの遅延時間に対する寄与度は、配線抵抗よりも配線容量の方が大きくなることがシミュレーション結果から予想されており、Cu配線で配線抵抗を下げるよりも低誘電率膜で配線容量を下げた方が、得られる性能ははるかに高くなると予想されている。上記低誘電率材料としては、従来の化学気相成長法（CVD）によるSiO2膜にフッ素を添加したFSG膜や有機SOG（スピノングラス）膜、有機膜、ポーラス膜などの研究が盛んに行われている。

【0004】 図1に低誘電率膜として有機SOG（スピノングラス）膜を層間絶縁膜として用いた場合の工程の一例を示す。図1において、シリコン基板1に形成された下層金属配線2上に下層酸化膜3としてプラズマTEOS（テトラエトキシシラン：Tetraethoxy Silane）酸化膜を形成した後、有機SOG膜4を堆積させる。SOG材料としては、例えば酸化膜（SiO2）にアルキル基を添加した低誘電率材料を有機溶媒に溶かしたものをを用いる。

【0005】 次に、有機SOG表面を酸素（O2）プラズマ処理により表面改質させた後、キャップ酸化膜5となるプラズマTEOS酸化膜を堆積させる。このキャップ膜5は、その後のビアホール形成時のフォトリソグラフィ工程にけるレジスト剥がれの問題を回避するために用いられる。またビアホール内への埋め込み配線を形成する際の化学機械研磨（CMP）用カバー膜としての役割も果たしている。そして、O2プラズマによる表面改質層の形成は、上記化学機械研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）を行なう際のキャップ膜／有機SOG膜間の膜剥がれを防止するために行なう。

【0006】 次に通常のフォトリソグラフィとドライエッチング技術を用いて上層金属配線9と下層金属配線2を導通させるためのビアホール7を形成する。ドライエッチングの条件としては、例えば平行平板型反応性イオンエッチング（RIE：Reactive Ion Etching）装置を用いて、一般的なSiO2膜のエッチング条件として用いられているCHF3/CF4/Arの混合ガスを用いて数Paの圧力条件下で加工する。その後、ビアホール埋め込み配線であるタングステンプラグ8を形成した後、上層配線9を形成する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した有機SOGなどの低誘電率膜をデバイスへ導入するに当たっては、以下に示す問題点が存在する。第1の問題点は、ビアホールエッチング時のエッチング速度が非常に遅いという点である。一般に有機SOG膜はSiO2膜をエッチングするガスプラズマを用いてエッチング可能である。例えば上述のように平行平板型RIE装置により、CHF3/CF4/Ar混合ガスを用いて1.5Pa程度の圧力下でプラズマ照射することによりエッチングされる。

【0008】 しかしながら例えば熱的に成長させたSiO2膜のエッチング速度と比較すると、その値は1/4程度と非常に遅い。デバイスの高集積化と共にビアホールのアスペクト比（ホール深さ／ホールサイズ）が高くなってくるとこの影響は顕著となり、特にエッチング時間が長くなる事によってマスク材であるフォトリソレジストがもたない場合が発生する。

【0009】 第2の問題点は、ビアホールエッチング後の後工程での問題であり、これは主に（a）アッシング時の膜質変化の問題及び（b）埋め込みタングステン

(W) 形成時のWF6ガスと有機SOG膜との反応の問題に大別される。まず、(a)について説明する。一般に上記有機系膜は酸素プラズマ雰囲気での熱処理に弱い性質があり、ビアホール加工後のO2プラズマアッシング時に膜質変化(緻密化によるSiO2化)が生ずる。

【0010】これは、アッシング時にプラズマ中の酸素ラジカル(O*)が有機SOG膜のパターン側壁から膜中へ進入し、膜中のアルキル基(CH3等)と高温下で反応することによって発生するものと考えられる。この反応は膜中に親水性のSi-OH基やSi-H基を作るため、その後大気に晒すと多量の水分を吸湿するようになる。

【0011】このような膜質変化は、デバイスへ導入する際、たとえば、(i)誘電率の上昇(ii)膜の縮退による膜厚減少(iii)ビアホール埋め込み(W)時の、多量のガス(主にH2O等の大気成分)の脱離とそれによる埋め込み不良、歩留まり低下等の問題を発生させる。

【0012】次に、(b)の問題について説明する。ビアホール形成後の埋め込みW層の形成には、一般に窒化(TiN)密着層をスパッタ法によりホール内に形成した後、化学気相成長法(CVD)により、W膜を堆積させる。このTiNは、W埋め込み時に堆積ガスとして使用されるWF6と有機SOG側壁との反応を防止するための保護層としての役割も果たしている。

【0013】しかしながらLSIの高集積化に伴い配線幅の微細化が進むと、ボーダーレス配線と呼ばれるビアホールが下地配線上からずれて開口するのを許容する設計基準が採用されるようになってくる。このようなボーダーレス配線においては下地配線パターン側壁と、ずれて開口されたビアホール側壁との間に微細なスリットが形成されるようになり、TiNがこの微細スリット内に十分埋まらないようになってしまう。

【0014】結果として、TiNが側壁保護層として作用しなくなり、その後のW埋め込み時にWF6と有機SOG側壁が直接激しく反応してしまい、腐食やW剥がれが発生するようになる。上記(a),(b)の問題を解決する方法として、ビアホール形成後に酸素イオン(O+)を主体にしてアッシングする手法が考えられる。

【0015】この手法はアッシング時にパターン側壁に酸素イオン(O+)を優先的に衝撃するようにし、側壁の極表面層のみ緻密化(SiO2への改質)させることによって、アッシング時の酸素ラジカルが膜中へ進入するのを抑制する手法である。この側壁改質層はその後の埋め込みW配線層を形成する際のWF6ガスと有機SOG側壁との反応を抑制するための保護膜としての役割をも果たすため、上述した微細スリット内にTiN密着層が堆積しなくとも、腐食やW剥がれが発生することはなくなる。

【0016】しかしながらアッシング前(ビアホールエッチング時)に、パターン形状がボーイングしていたり、下地からの金属スパッタ物が側壁に不均一に付着していたりすると、その後のO+イオン衝撃による側壁改質

層の形成が不均一となり、十分な抑制効果が得られないという問題が発生する。また改質層を形成するだけの衝撃エネルギーを側壁に与えると、O+イオンとパターン側壁との反応が進行し、新たにビアホールボーイング形状化させてしまう。更にO+イオンによるスパッタリングにより、ビアホールの形状変化を引き起こすという問題点が発生する。

【0017】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、有機SOG膜から成る絶縁膜に、C4F8及びO2とを少なくとも含む混合ガスによりコンタクトホールを形成する際に、ドライエッチング時のO2の流量はC4F8+O2の流量の50%以下であるようにしたものである。この結果、トレードオフの関係にある有機SOG膜のエッチング速度の高速化と形状の垂直化の問題を解決できる。

【0018】第2の発明は、有機SOG膜から成る絶縁膜に、CF4、CHF3及びN2とを少なくとも含む混合ガスによりコンタクトホールを形成する際に、ドライエッチング時のN2の流量はCF4+CHF3+N2の全流量の10%以上かつ80%以下であるようにしたものである。この結果、形状の優れたコンタクトホールを実現できる。

【0019】第3の発明は、有機SOG膜から成る絶縁膜にレジストパターンによりコンタクトホールを形成し、コンタクトホール形成後のレジストパターンを除去するアッシングは、O2+N2H2あるいはO2+N2+H2の混合ガスを用いるようにしたものである。よって、パターン側壁から酸素ラジカルが膜中へ進入し、膜質や形状変化を引き起こす問題を解決する事が可能となる。

【0020】

【発明の実施の形態】(第1の実施の形態)図2にC4F8/O2/Ar混合ガスを用い、全流量に対するArの流量比を94%に固定し、O2/(C4F8+O2)の混合比を変化させてエッチングした場合の有機SOG膜のエッチング速度の変化を示す(C4F8+O2=100%として表示)。プラズマTEOS SiO2膜のエッチング速度の変化も合わせて図中に示してある。また、この時の有機SOG膜のビアホール形状も合わせて図中に示してある。用いた装置はマグネトロンRIE装置であり、圧力0.3Pa、RFパワー1200Wにてエッチングを行った。

【0021】図2より、C4F8+O2混合ガス中のO2ガス流量比が増加するにしたがってエッチング速度は飛躍的に増加するようになり、O2流量比50%にて最大値を示すことが判る。この時のエッチング速度は、O2添加無しの場合に比較すると、その約5倍にも達することが判る。一方、比較のために示したプラズマTEOS SiO2膜の場合は、O2混合比の増加とともにエッチング速度は単調に減少する(単純な希釈効果)ことが判る。このことから、上記O2の添加効果は有機SOG膜に特有な現象と考えられ、C4F8ガス以外にO2ガスも有機SOG膜のエッチング種として寄与している事を示している。

【0022】O₂添加による高速化のメカニズムは、エッチング反応を阻害すると考えられる有機SOG膜中のCH₃基が、プラズマ中のラジカルの攻撃によってSiOH基やSi-O-Si結合などに変化し、これらの酸化層の形成が、続いて起こるCF_x種等の攻撃によって容易にエッチング反応へと進行させることに起因するものと考えられる。

【0023】しかしながらO₂添加によって高速化が促進される反面、ビアホール形状は次第にトレンチングと呼ばれるホール中心とホール端でのエッチング速度差が大きくなる形状に変化するようになる(図2)。このように本プロセスではエッチング速度の高速化と形状の垂直化の間にはトレードオフの関係があり、両者を同時に満足させる最適なO₂ガス混合比が存在する。実験結果から、両者を満足させる最適なO₂ガスの流量比は50%以下にする必要がある事が判った。

【0024】(第2の実施の形態)図3にCF₄/CHF₃/Ar (=20/30/400 sccm) 混合ガスに、N₂ガスを添加していった場合の有機SOG膜のエッチング速度の変化を示す。プラズマTEOS SiO₂膜のエッチング速度の変化も合わせて図中に示した。用いた装置は平行平板型RIE装置であり、圧力 1.5 Pa、RFパワー1600Wにてエッチングを行った。図3より、N₂添加量と共にエッチング速度は次第に増加することが判る。N₂添加量50(sccm)の場合のエッチング速度は、N₂を添加しない場合に比較して約2倍にも達することが判る。

【0025】一方、比較のために示したプラズマTEOS SiO₂膜の場合は、N₂混合比の増加とともにエッチング速度は単調に減少することが判る(単純な希釈効果)。

このことから、上記N₂の添加効果はO₂添加の場合と同様、有機SOG膜に特有な現象と考えられる。このようにフルオロカーボンガスへのN₂の添加により、エッチング速度が高速化する現象は、CF₄/CHF₃ガス以外にN₂ガスも有機SOG膜との表面反応に関与している事を示唆しているものと考えられる。

【0026】一方、N₂を添加していった場合の有機SOG膜のビアホール形状は、O₂添加の場合に観測されたような、形状を極端に悪化させるような形状(トレンチング形状)にはならない事が判った。また、実験結果から、フルオロカーボンガスに対するN₂ガスの比率(N₂流量/N₂流量+フルオロカーボンガス流量)は10%以上80%以下にする事が効果的である事が判った。

【0027】(第3の実施の形態)次に、本発明の第3の実施の形態を説明する。図1において、プラズマアッシングによってレジストを除去する。ここでのアッシングにはO₂+N₂H₂混合ガスを用い、装置はイオン/ラジカル入射頻度比が高く、イオンがある程度の方向性とエネルギーをもって入射できる装置構成の、低圧ダウンフロータイプのアッシャーを用いる。アッシング圧力は例えば0.45 Pa、温度は100℃にてアッシングを行う。

【0028】O₂/N₂H₂混合比は例えば90%/10%に設定する。上記O₂/N₂H₂混合ガスを用いることによって、有機SOG側壁にNとの反応層(主に膜中のアルキル基との反応層)が側壁保護層として形成されながらアッシングされるようになる。その結果、パターン側壁から酸素ラジカルが膜中へ進入し、膜質や形状変化を引き起こす問題を解決する事が可能となる。

【0029】そして、この窒化層(側壁保護層)は、その後の埋め込みW配線形成時のWF₆ガスと有機SOG側壁との反応を抑制する働きがあるため、ボーダーレス配線に対応した埋め込み配線を形成することが可能となる。さらに上記反応層はプラズマ中の主にNラジカルとの反応によって、有機SOG側壁の極表面層にのみ形成されるため、前述したO⁺イオン照射の場合よりも均一性に優れている。さらに、O⁺イオン照射のように側壁と反応して形状を変化させることもない。また、O₂/N₂/H₂の混合ガスを用いても全く同様の結果が期待できる。

【0030】

【発明の効果】以上述べたように、第1の発明ではフルオロカーボンガスへO₂ガスを添加し、かつそのガス混合比を50%以下にするようにしたため、トレードオフの関係にあるエッチング速度の高速化と形状の垂直化を同時に満足させる事が可能となった。これにより、量産時のスループットの問題や、レジスト耐性の問題を回避することが可能となる。

【0031】また、第2の発明においては、フルオロカーボンガスへN₂ガスを添加し、且つそのガス混合比を10%以上80%以下にする事により、垂直で良好な形状を維持しながらエッチング速度の高速化を達成することが可能となる。これにより、量産時のスループットの問題や、レジスト耐性の問題を回避することが可能となる。

【0032】そして、第3の発明では、ビアホール形成のエッチング後のアッシングにO₂+N₂H₂混合ガスを用いるようにしたため、アッシング時に側壁にNとの反応層(保護層)が形成され、パターン側壁から酸素ラジカルが膜中へ進入し、膜質や形状変化を引き起こす問題を解決する事が可能となる。さらにこの窒化層(側壁保護層)は、その後の埋め込みW配線形成時のWF₆ガスと有機SOG側壁との反応を抑制する働きがある。さらに上記反応層はプラズマ中の主にNラジカルとの反応によって、有機SOG側壁の極表面層にのみ形成されるため、均一性に優れる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来技術及び本発明の実施の形態を説明するためのビアホールのドライエッチング工程図である。

【図2】本発明の実施の形態における、O₂、C₄F₈を含む混合ガスによりビアホールのドライエッチングをおこなった場合の、エッチング速度のO₂分圧依存性。

【図3】本発明の実施の形態における、フルオロカー

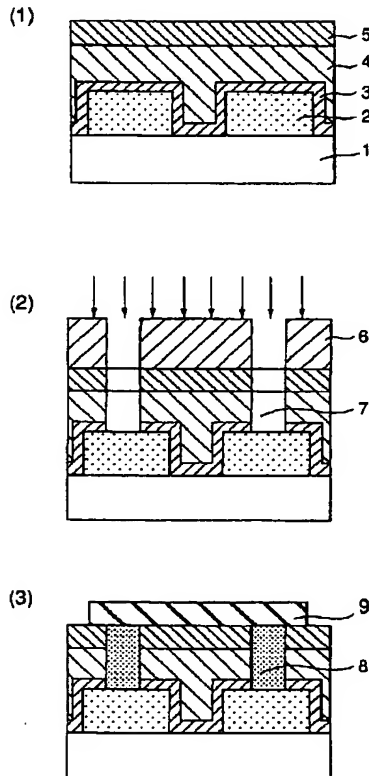
ボンとN₂の混合ガスによりビアホールのドライエッチングをおこなった場合の、エッチング速度のN₂分圧依存性。

【符号の説明】

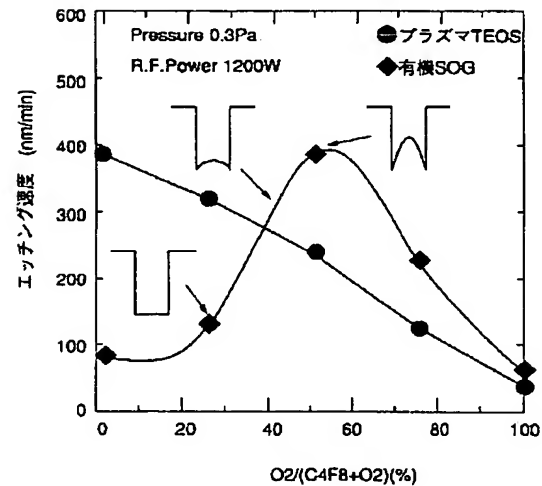
- 1 シリコン基板
- 2 下層配線
- 3 プラズマTEOS酸化膜

- 4 有機SOG膜
- 5 キャップ酸化膜
- 6 レジスト膜
- 7 ビアホール
- 8 タングステンプラグ
- 9 上層配線

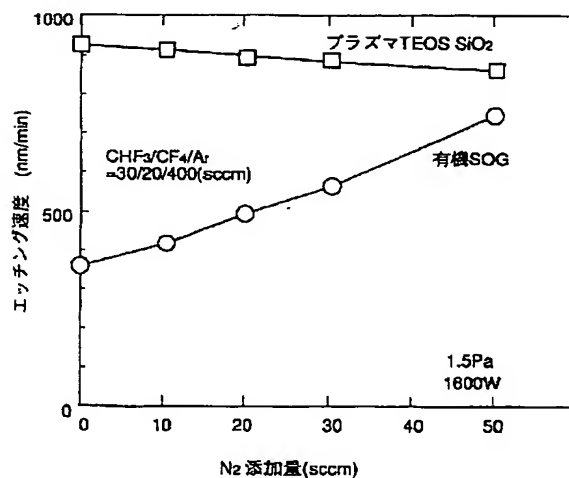
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F004 AA00 BA04 BA13 BB11 BD01
CA01 DA00 DA01 DA16 DA23
DA25 DA26 DB00 DB03 DB23
EA14 EB01 EB03 FA08
5F033 JJ19 PP04 PP06 QQ09 QQ11
QQ13 QQ15 QQ37 QQ92 RR25
SS04 SS15 SS21 TT04 TT07
WW06 XX14 XX23 XX27